

ВЛИЯНИЕ КОНФИГУРАЦИИ ОЧАГА ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ПРЕССОВАНИИ НА РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЮ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Показано влияние конфигурации очага деформации при прессовании на рекристаллизованное состояние алюминиевых сплавов. Отмечено, что деформация алюминиевых сплавов прямым методом прессования связана с непрерывным изменением скорости деформации. Вследствие этого часть заготовки может оказываться в условиях нерекристаллизованного состояния, а часть подвержена рекристаллизации с резким увеличением зерна.

Ключевые слова: прессование, пластическая деформация, скорость.

Influence the configuration of the deformation zone during extrusion on recrystallized state aluminum alloys is shown. Deformation of aluminum alloys by direct extrusion method is associated with a continuous change in the strain rate. Because this portion of the article may be provided in a non-recrystallized state, a portion of the article may be provided in recrystallized state.

Keywords: extrusion, plastic deformation, strain rate, recrystallization.

В известных монографиях, посвященных теории и практике прессования, отмечается, что может существовать от трех до пяти конфигураций пластической зоны очага деформации в зависимости от граничных условий и свойств прессуемого материала. Несмотря на это, в большинстве расчетов напряженно-деформированного состояния прессования фигурирует лишь одна из схем, основанная на локализации пластической зоны вблизи отверстия матрицы. Такая схема долгое время позволяла с достаточной степенью точности определять энергосиловые параметры процесса прессования, но не позволяла достаточно адекватно оценить деформированное состояние, которое в большой степени влияет на достижение свойств пресс-изделия. Однако в последнее время во главу угла работы предприятий вышли показатели именно качества продукции, одним из основных критериев которого являются механические характеристики получаемого материала [1–3], связанные с уровнем деформаций, скоростями удлинений и укорочений.

Если стилизовать конфигурацию пластической зоны под область, ограниченную сферическими поверхностями, то в упрощенном виде получим конфигурацию очага деформации при прессовании, изображенную на

рис. 1, где слева показан очаг деформации с его локализацией около матрицы, а справа показан вытянутый вдоль оси очаг деформации. Кроме этого, на рис. 1 показана протяженность части заготовки $L_{\text{п}}$, которая будет оставлена в прессостаток, ее можно рассматривать как еще одну жесткую зону, не участвующую в формировании пресс-изделия.

В ходе прямого прессования деформируемый материал перемещается вдоль оси прессования по направлению к матрице, проходя через пластическую зону и формируя пресс-изделие. На место материала, покинувшего очаг деформации, приходят слои материала из жесткой зоны, за счет чего ее протяженность уменьшается. Этот процесс обладает стационарностью до тех пор, пока материала в жесткой зоне достаточно для подпитки пластической зоны. Стационарность процесса обеспечивает постоянство деформированного состояния в очаге деформации. Поскольку уровень деформаций обеспечивает заданный для пресс-изделия уровень свойств, то их постоянство будет обеспечиваться до тех пор, пока существует жесткая зона на длине $L_{\text{жз}}$.

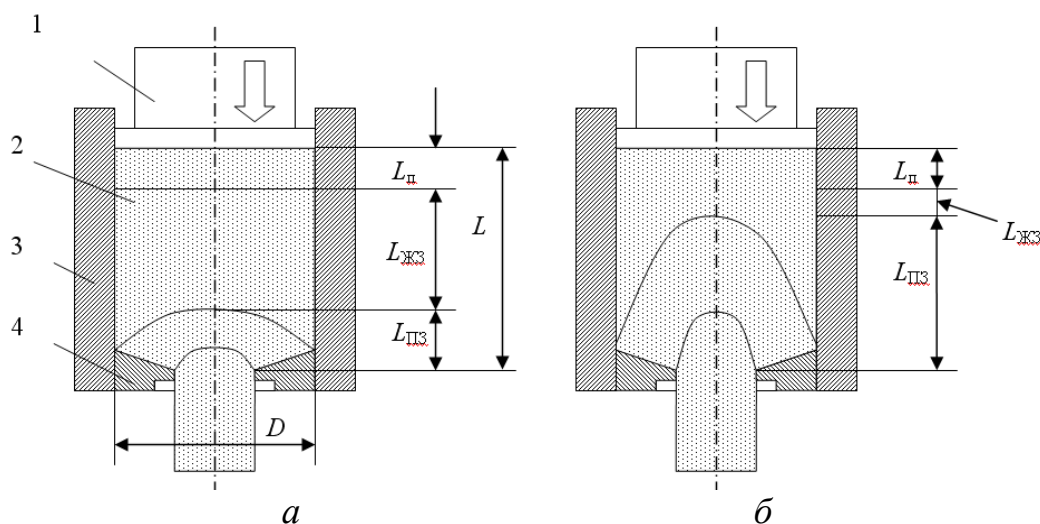


Рис. 1. Схемы прессования с малой (а) и большой (б) протяженностью пластической зоны $L_{\text{ПЗ}}$ при различных соотношениях величины жесткой зоны $L_{\text{жз}}$ и величины пресс-остатка $L_{\text{п}}$: 1 – пуансон с пресс-шайбой; 2 – заготовка; 3 – контейнер; 4 – матрица

На рисунке видно, что для материалов, обладающих свойством равномерного истечения, величина $L_{\text{жз}}$ оказывается большой, поэтому можно надеяться на стабильность механических свойств по длине изделия, в противном случае свойства оказываются нестабильными, склонными к изменению по длине изделия. Данный факт отмечался в работе [4], где выполнены измерения, связанные с размерами отпрессованной полосы по длине и структурой полученного металла. Выяснено, что передний конец профиля отличается относительно мелкозернистой структурой в нерекристалли-

зованном состоянии. По мере удаления от переднего торца изделия нарастает объем металла, перешедшего в рекристаллизованное состояние.

Следует отметить, что прессованные изделия из алюминиевых сплавов стараются получить именно в нерекристаллизованном состоянии, это позволяет достичь большей прочности. Поэтому указанный выше переход является нежелательным. Обычно подавляют процесс рекристаллизации прессованием при пониженных скоростях. При этом не обращают внимания на то, о каких скоростях идет речь – скоростях перемещения рабочего инструмента или скоростях деформации. Обычно регламентируются как раз скорости прессования, а не скорости деформации.

При низком очаге деформации, характерном для прессования, например, меди, такая разница в подходах не сказывается: поддержание скорости прессования на постоянном уровне приводит к поддержанию постоянной скорости деформации. При прессовании алюминиевых сплавов возникает высокий очаг деформации, который за счет уменьшения количества металла в контейнере превращается к концу прессования в низкий очаг. Соответственно, при поддержании постоянной скорости инструмента в начале процесса скорость деформации оказывается небольшой с постепенным нарастанием к концу процесса прессования. В результате скорость деформации достигнет критической, при которой температура рекристаллизации окажется пониженной и металл перейдет в рекристаллизованное состояние, в том числе с образованием крупнокристаллической структуры [5].

Приведенные выше разъяснения позволяют выполнить разделение процессов прессования по отдельным группам. Как видно на рис. 2, отличия касаются способов прессования, сплавы алюминия, прессуемые прямым методом [6] образуют отдельную группу, для которой характерно наличие чувствительности к форме очага деформации. Сказанное выше относится к управлению средней по очагу скорости деформации [7].

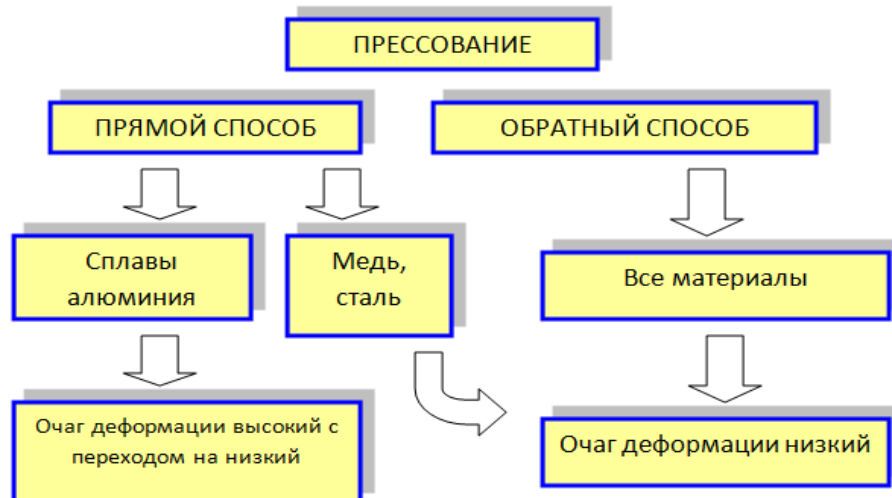


Рис. 2. Разделение способов прессования по видам очагов деформации

Более точный подход к определению поля скоростей деформации и его влиянию на структурное состояние металла возможен при применении компьютерного моделирования методом конечных элементов [8, 9].

Список литературы

1. *Логинов Ю. Н.* Неравномерность структуры прессованных труб из алюминиевого сплава АМг6 / Ю. Н. Логинов, А. Г. Илларионов // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. 2013. № 6. С. 35–40.
2. *Логинов Ю. Н.* Влияние деформации на уровень механических характеристик прессованных заготовок из сплава АМг6 / Ю. Н. Логинов, Л. В. Антоненко // Заготовительные производства в машиностроении. 2010. № 7. С. 14–19.
3. *Логинов Ю. Н.* Особенности формирования свойств горячепрессованной трубной заготовки из сплава АМг6 / Ю. Н. Логинов, О. Ф. Дегтярёва, Л. В. Антоненко // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2008. № 7. С. 14–17.
4. *Логинов Ю. Н.* Влияние структуры прессованной полосы алюминиевого сплава 6061 на изменение ее поперечных размеров при правке растяжением / Ю. Н. Логинов, С. П. Буркин, В. В. Сапунжи // Цветные металлы. 2002. № 7. С. 71.
5. *Логинов Ю. Н.* Влияние скорости деформации на эффект структурного упрочнения прессованных труб из алюминиевого сплава 6061 / Ю. Н. Логинов, О. Ф. Дегтярёва // Технология легких сплавов. 2007. № 4. С. 123–127.
6. *Логинов Ю. Н.* О скоростных режимах деформирования в контейнере при прямом прессовании / Ю. Н. Логинов, Л. В. Антоненко // Технология легких сплавов. 2010. № 4. С. 66–72.
7. *Логинов Ю. Н.* Управление средней скоростью деформации при прессовании сплошных заготовок / Ю. Н. Логинов, Л. В. Антоненко // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2011. № 2. С. 11–16.
8. *Логинов Ю. Н.* Интенсивность скоростей деформации как управляющий фактор при прессовании алюминиевых сплавов со структурным упрочнением / Ю. Н. Логинов, О. Ф. Дегтярёва // Современные достижения в теории и технологии пластической обработки металлов. СПб.: СПГПУ, 2007. С. 359–363.
9. *Логинов Ю. Н.* Моделирование в программном комплексе QFORM образования пресс-утяжины при прессовании / Ю. Н. Логинов, А. А. Ершов // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2013. № 7. С. 42–46.